

Analisis Variasi Flip Angle Terhadap Informasi Citra Anatomi Pada Sekuen 3D TOF MRA Brain Dengan MRI 3 Tesla

Fatimah¹, Dwi Rochmayanti², Fina Kristianti³

^{1, 2}Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

³Emergency Hospital (RSDC) Kemayoran Athlete Village, Indonesia

Corresponding author: Fatimah
Email : fatimah_yunaeza@yahoo.com

Received: January 27th, 2021; Revised: January 31st, 2021; Accepted: February 1st, 2021

ABSTRACT

Background : Magnetic Resonance Angiography is a diagnostic imaging method that can display images of blood vessels. MRA imaging on MRI 3 Tesla provides high spatial resolution making blood vessel contrast increased so that the intracranial vessels are clearer. The efficient technique that does not use contrast media in MRA is Time of Flight. 3D TOF imaging is good for visualizing intracranial vessels. In this method the appropriate flip angle will produce a hyperintense picture of the blood vessels. This study aims to determine the effect of flip angle on anatomical image information on 3D TOF MRA Brain.

Methods : This type of research is a quantitative experimental approach, conducted in February 2020 in Pertamina Central Hospital, South Jakarta. Research by conducting flip angle variations of 15°, 20°, 25°, 30° in the 3D TOF sequence of the Brain against 10 volunteers. Criteria for volunteers are healthy people aged 18-25 years. The results of the images were assessed by 3 respondent, including Internal Carotid Artery, Vertebral Artery, Basilar Artery, Anterior Cerebral Artery, Posterior Cerebral Artery, Middle Cerebral Artery, Anterior Communicating Artery, Posterior Communicating Artery. Then the Kappa test was carried out followed by the Friedman test to find the highest mean rank and comparison of flip angle in anatomical information of 3D TOF MRA Brain.

Results : The results showed that there was an effect of changes in the values of the flip angle to the anatomical information on 3D TOF MRA Brain with $p < 0,05$. The optimal Flip angle value is obtained based on the highest mean rank value which is flip angle 25° with a value of 3,22. The higher the value of flip angle, the greater the signal and contrast, but many slow flowing blood vessels will hypointens.

Conclusion : There are difference in anatomical image information of 3D TOF sequence among 4 variation flip angle on examination MRA Brain. Flip angle 25° is better than 15°, 20° and 30° at anatomy information on 3D TOF sequences to show intracranial artery because it has a higher mean rank value.

Keywords : *Flip Angle*, 3D TOF MRA Brain, Anatomical Image Information, 3 Tesla.

Pendahuluan

Magnetic Resonance Angiography merupakan metode pencitraan diagnostik yang dapat menampilkan gambaran pembuluh darah menggunakan modalitas MRI. Pencitraan MRA pada MRI 3 Tesla mampu memberikan resolusi spasial tinggi membuat kontras pembuluh darah meningkat sehingga dapat memvisualisasikan pembuluh darah intracranial dengan lebih jelas (Born et al., 2003).

Teknik MRA menggunakan variasi dari akuisisi *gradient echo* untuk menghasilkan sinyal tinggi dalam *flowing vessel*. Kontras *vascular*

dimaksimalkan dengan meningkatkan sinyal dari *flowing spin* dan menekan sinyal dari *spin stasioner* dalam suatu jaringan. Pemeriksaan MRA dapat menggunakan beberapa teknik yaitu, *Digital Subtraction on MR Angiography (DS-MRA)*, *Time of Flight (TOF) MRA*, *Phase Contrast MRA (PC-MRA)*, dan *Contrast Enhancement MRA (CE-MRA)* (Westbrook, 2011).

Salah satu teknik yang efisien waktu untuk mendapatkan gambaran *vascular* dan tidak menggunakan media kontras dalam pemeriksaan MRA yaitu *Time of Flight (TOF)*. Pada TOF, sumber utama sinyal yang dihasilkan bergantung pada intensitas sinyal dari *flowing spin* yang masuk

ke dalam volume pencitraan yang menghasilkan sinyal *hyperintense*. Pembuluh darah akan menghasilkan *high signal* dan jaringan stasioner menghasilkan *low signal* (Dale, 2015).

TOF MRA dapat diakuisi menggunakan teknik 2D dan 3D. Pencitraan 3D TOF baik untuk memvisualisasikan struktur pembuluh darah yang kecil dengan aliran darah berkecepatan tinggi seperti pembuluh *intracranial* (Schneider, 2005). 3D TOF menghasilkan kontras pembuluh darah yang optimal dan merupakan teknik yang paling sensitive dan akurat dalam memperlihatkan anatomi dari *intracranial* (Kapsalaki, Rountas, and Fountas, 2012). Pada metode ini penggunaan *flip angle* yang sesuai akan membuat TOF menghasilkan gambaran pembuluh darah yang *hyperintense*. *Flip angle* yang optimal akan menghasilkan *suppression* yang lebih baik pada jaringan stasioner. Pengaruh *flip angle* yang tidak tepat akan menghasilkan *enhancement* yang kurang baik pada aliran pembuluh darah yang mungkin akan mengganggu gambaran terutama jika terdapat patologis (Schneider, 2005).

Menurut Morelli et al, (2013) dan Atkinson, et al (1994) *flip angle* digunakan untuk mengontrol saturasi antara darah yang mengalir dan jaringan stasioner. Secara umum, *flip angle* yang lebih tinggi menghasilkan derajat kejenuhan pada background yang lebih besar. Semakin tinggi *flip angle* pada irisan yang lebih dalam berarti jaringan stasioner di sana akan menjadi lebih jenuh dan semakin ditekan sehingga membuat pembuluh darah akan tampak lebih mencolok, sedangkan pada *flip angle* yang rendah akan menghasilkan sebaliknya.

Menurut literatur kepustakaan yang ada *flip angle* yang digunakan pada 3D TOF MRA yaitu 10° - 30° (Stuelke, 2019), 15° - 20° (Schneider, 2005), 20° - 30° (Westbrook, 2014) dan 20° - 40° (Weishaupt & Marincek, 2006), sedangkan peneliti menjumpai pengaturan nilai *flip angle* di Rumah Sakit Pusat Pertamina menggunakan nilai *flip angle* 18°. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi nilai *Flip Angle* terhadap informasi citra anatomi pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* dan nilai variasi yang lebih optimal dalam menampilkan informasi citra anatomi pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* dengan modalitas MRI 3 Tesla.

Metode

Jenis penelitian yaitu penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental, dilakukan pada bulan Februari 2020 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina, Jakarta Selatan. Responden yang melakukan penilaian informasi citra anatomi yaitu berjumlah tiga orang dokter spesialis

radiologi.

Sampel pada penelitian ini sebanyak 10 orang sehat sebagai *volunteer* dengan kriteria inklusi berusia 18 – 25 tahun dan bersedia menjadi sampel penelitian.

Modalitas MRI yang digunakan adalah merk Philips Ingenia 3 Tesla. Parameter pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* ini meliputi TR = 23 ms, TE = 3,5 ms, Matrix = 288 x 180, Bandwidth = 31 KHz, FOV = 200 mm, Slice Thickness = 2 mm dan NEX = 1. Kemudian citra yang dihasilkan diberikan penilaian informasi citra anatomi oleh responden dengan memberikan skor pada gambaran anatomi arteri *intracranial*, skor (1) dengan arti tidak jelas, apabila pembuluh darah pada arteri tidak terlihat atau gelap, batas dinding pembuluh darah tidak tegas, kabur dan sulit diamati. Skor (2) dengan arti jelas, apabila pembuluh darah pada arteri terlihat namun tidak tegas dan terang batas-batasnya dan kurang mudah diamati oleh responden. Skor (3) dengan arti sangat jelas, apabila pembuluh darah pada arteri terang dengan batas-batas yang pasti dan mudah diamati oleh responden.

Data kemudian diolah menggunakan SPSS 16.0 dengan uji statistic. Uji statistic pertama adalah *Cohen's Kappa* untuk mengetahui tingkat persamaan persepsi antar responden. Kemudian dilanjutkan dengan analisis uji statistik *Friedman* untuk melihat apakah ada perbedaan dan untuk melihat nilai yang baik dari interpretasi nilai *mean rank*. Nilai *mean rank* tertinggi akan dijadikan nilai *flip angle* yang optimal pada 3D TOF MRA *Brain*.

Hasil dan Pembahasan

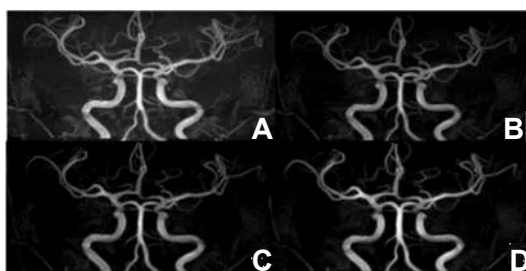
Penelitian mengenai analisis variasi *flip angle* terhadap informasi citra anatomi pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* dengan MRI 3 Tesla telah dilakukan pada 10 orang *volunteer* sehat yang terdiri dari 3 orang laki-laki dan 7 orang perempuan, usia *volunteer* berada pada rentang 19-21 tahun dengan perincian 5 orang berusia 19 tahun, 4 orang berusia 20 tahun dan 1 orang berusia 21 tahun. Pada tiap *volunteer* dilakukan pemeriksaan MRA *Brain* dengan sekuen 3D TOF menggunakan variasi *flip angle* yaitu 15°, 20°, 25° dan 30°.

Hasil citra 3D TOF MRA *Brain* kemudian dilabeli dengan kode A sebagai *flip angle* 15°, kode B sebagai *flip angle* 20°, kode C sebagai *flip angle* 25° dan kode D sebagai *flip angle* 30°.

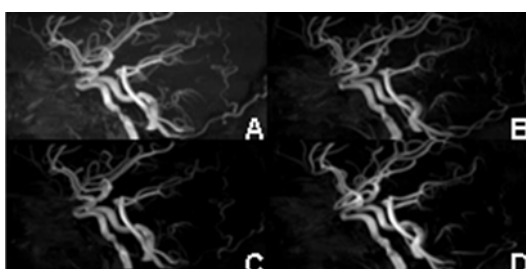
Pengalaman ketrampilan membaca MRI tiap responden sebagai berikut, responden pertama memiliki pengalaman 15 tahun, responden kedua memiliki pengalaman 11 tahun dan responden 3

memiliki pengalaman 12 tahun. Kemudian responden akan memberikan penilaian informasi citra anatomi pada citra 3D TOF MRA *Brain*. Anatomi yang dinilai dalam penelitian ini yaitu *Internal Carotid Artery* (ICA), *Vertebral Artery* (VA), *Basillary Artery* (BA), *Anterior Cerebral Artery* (ACA), *Posterior Cerebral Artery* (PCA), *Middle Cerebral Artery* (MCA), *Anterior Communicating Artery*, *Posterior Communicating Artery*, dengan skala penilaian dibagi menjadi 3 yaitu skor penilaian 1 = tidak jelas, 2 = jelas, dan 3 = sangat jelas.

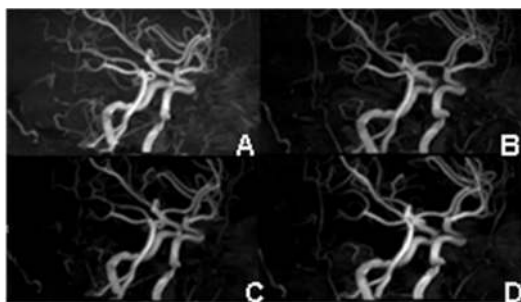
Adapun hasil citra 3D TOF MRA *Brain* salah satu sampel adalah sebagai berikut :
Gambaran arteri intracranial terlihat dari *anterior view* pada gambar 1, *sagittal view* pada gambar 2 dan *sagittal oblique view* pada gambar 3 dengan masing-masing citra menggunakan 4 variasi *flip angle* yaitu *flip angle* 15° pada Gambar A, *flip angle* 20° pada Gambar B, *flip angle* 25° pada Gambar C, *flip angle* 30° pada Gambar D.



Gambar 1. Hasil citra 3D TOF MRA *Brain* anterior view



Gambar 2. Hasil citra 3D TOF MRA *Brain* sagittal view



Gambar 3. Hasil citra 3D TOF MRA *Brain* sagittal oblique view

Pengujian statistika yang pertama dilakukan, adalah Uji *Cohen's Kappa* yang bertujuan untuk

mengetahui tingkat kesepakatan atau kesamaan persepsi antar responden dalam pemberian skor penilaian citra. Hasil pengujian *Cohen's Kappa* terhadap ketiga responden dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Uji *Cohen's Kappa* pada Responden 1 dan 2

<i>Value Kappa</i>	<i>p Value</i>	Makna
0,692	$p < \alpha$	Kesepakatan kuat

Tabel 2. Hasil Uji *Cohen's Kappa* pada Responden 1 dan 3

<i>Value Kappa</i>	<i>p Value</i>	Makna
0,845	$p < \alpha$	Kesepakatan kuat

Tabel 3. Hasil Uji *Cohen's Kappa* pada Responden 2 dan 3

<i>Value Kappa</i>	<i>p Value</i>	Makna
0,737	$p < \alpha$	Kesepakatan kuat

Berdasarkan ketiga tabel, semua hasil perhitungan statistika Uji *Cohen's Kappa* yang diperoleh terdapat pada rentang kesepakatan yang kuat, sehingga peneliti dapat menggunakan data penilaian kejelasan informasi citra anatomi dari salah satu responden. Dalam hal ini peneliti menggunakan data yang diperoleh dari responden pertama yang memiliki pengalaman paling lama dalam membaca MRI.

Selanjutnya karena data informasi citra yang didapatkan berupa data ordinal sehingga data berdistribusi tidak normal, maka digunakan uji *Friedman* untuk mengetahui perbedaan informasi citra terhadap variasi *flip angle* pada 3D TOF MRA *Brain*.

Tabel 4. Hasil Uji *Friedman* Variasi *Flip*

<i>Angle</i>	<i>Mean Rank</i>	Asymp. Sig	Makna
15°	1,78	<0,000	Ada Beda
20°	2,74		
25°	3,22		
30°	2,27		

Berdasarkan tabel 4. terlihat nilai asymp. signifikansi dari uji *friedman* variasi *flip angle* pada informasi citra anatomi secara keseluruhan adalah $p < 0,05$ yang menandakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata pada masing-masing variasi nilai *flip angle*.

Kemudian dilanjutkan dengan uji *friedman* tiap bagian anatomi arteri intracranial pada citra 3D TOF MRA *Brain*. Uji ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai *flip angle* mana yang paling baik dalam menampakkan citra masing-masing bagian arteri intracranial, dan hasilnya sebagai berikut :

Pada *Internal Carotid Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Internal Carotid Artery*

yaitu $p = 0,005$, yang artinya terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antara tiap variasi *flip angle* dengan *Internal Carotid Artery*.

- b. Pada *Vertebral Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Vertebral Artery* yaitu $p = 0,000$, yang artinya terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antara tiap variasi *flip angle* dengan *Vertebral Artery*.
- c. Pada *Basilar Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Basilar Artery* yaitu $p = 0,001$, yang artinya terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antara tiap variasi *flip angle* dengan *Basilar Artery*.
- d. Pada *Anterior Cerebral Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Anterior Cerebral Artery*, yaitu $p = 0,001$, yang artinya terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antara tiap *flip angle* variasi dengan *Anterior Cerebral Artery*.
- e. Pada *Posterior Cerebral Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Posterior Cerebral Artery* yaitu $p = 0,008$, yang artinya terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antara tiap variasi *flip angle* dengan *Posterior Cerebral Artery*.
- f. Pada *Middle Cerebral Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Middle Cerebral Artery* yaitu $p = 0,000$, yang artinya terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antara tiap variasi *flip angle* dengan *Middle Cerebral Artery*.
- g. Pada *Anterior Communicating Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Anterior Communicating Artery* yaitu $p = 0,187$, yang artinya tidak terdapat perbedaan ($p > 0,05$) antara tiap variasi *flip angle* dengan *Anterior Communicating Artery*.
- h. Pada *Posterior Communicating Artery*, signifikansi variasi *flip angle* pada anatomi *Posterior Communicating Artery* yaitu $p = 0,008$, yang artinya terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antara tiap variasi *flip angle* dengan *Posterior Communicating Artery*.

Setelah itu untuk mengetahui nilai *flip angle* yang optimal dalam memvisualisasikan informasi citra anatomi pada 3D TOF MRA Brain, peneliti menggunakan data informasi citra anatomi hasil penilaian responden yang dapat dilihat pada hasil uji *Friedman* pada tabel 4. yang menunjukkan bahwa *flip angle* 15° dengan nilai *mean rank* 1,78, *flip angle* 20° dengan nilai *mean rank* 2,74, *flip angle* 25° memiliki nilai *mean rank* yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain yaitu 3,22, dan *flip angle* 30° memiliki nilai *mean rank* 2,27, sehingga dapat disimpulkan bahwa *flip angle* 25° memiliki nilai *mean rank* yang tertinggi yang artinya *flip angle* 25° merupakan *flip angle* yang mampu memberikan informasi citra anatomi pada 3D TOF MRA Brain secara keseluruhan paling baik diantara variasi lain yang diuji.

Pengaruh variasi nilai *Flip Angle* terhadap informasi citra anatomi pada sekuen 3D TOF MRA Brain dengan modalitas MRI 3 Tesla

Hasil data penelitian diolah menggunakan uji statistika *friedman* dimana uji statistika *friedman* tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan pengaruh variasi *flip angle* terhadap informasi citra anatomi yang sudah ditentukan sebelumnya. Untuk mengetahui pengaruh tersebut adalah dengan dilakukannya uji *friedman* terhadap seluruh anatomi yang sudah ditentukan dan selanjutnya dijabarkan ke masing-masing anatomi. Kemudian diperoleh hasil *Asymp.Sig* lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$) yang artinya ada perbedaan dari perubahan variasi *flip angle* yang dapat juga diartikan bahwa perubahan variasi *flip angle* berpengaruh terhadap informasi citra anatomi yang dibaca oleh dokter radiolog sehingga dapat disimpulkan H_0 diterima.

Menurut Schneider (2005) pencitraan 3D TOF baik untuk memvisualisasikan struktur pembuluh darah yang kecil dengan aliran darah berkecepatan tinggi seperti pembuluh *intracranial*. 3D TOF MRA menggunakan *incoherent GRE* yang dikombinasikan dengan *gradient moment rephasing* yang dapat membuat *flow enhance*. Pada metode ini penggunaan *flip angle* dan TR yang sesuai akan membuat TOF menghasilkan gambaran pembuluh darah yang *hyperintense* (Kapsalaki et al., 2012). *Flip angle* dan TR digunakan agar nukelus stasioner tersaturasi, sementara efek *inflow fully magnetization* dari *flowing nucleus* dikatakan *fresh spin* atau akan menghasilkan *high signal* pada pembuluh darah. Dengan *flip angle* dan TR yang tepat TOF MRA akan menghasilkan pembuluh darah yang terang (Westbrook, 2011).

Flip angle yang optimal pada 3D TOF MRA Brain akan menghasilkan penekanan yang lebih baik pada jaringan stasioner sehingga *hypointense* (Schneider, 2005). Menurut peneliti *flip angle* yang tepat akan memberikan derajat sudut balik yang baik untuk *recovery*. Dengan *flip angle* yang kecil maka semakin cepat suatu *nucleus* untuk *recovery* dan menghasilkan sinyal. Setiap kenaikan nilai *flip angle* akan membuat sudut balik *nucleus* untuk *recovery* semakin lama sehingga akan menghasilkan *suppression* atau penekanan yang lebih banyak pada jaringan stasioner yang membuat gambaran menjadi *hypointense* dan sinyal yang dihasilkan juga lebih besar pada pembuluh darah. Oleh karena itu, ketajaman atau batas tegas antara pembuluh darah dengan organ sekitar akan terlihat baik karena organ sekitar akan mengalami *suppression* yang lebih optimal sehingga menjadi *hypointense* dan pembuluh darah semakin

hyperintense. Pengaruh *flip angle* yang tidak tepat akan menghasilkan *enhancement* yang kurang baik pada aliran pembuluh darah yang mungkin akan mengganggu gambaran terutama jika terdapat patologis.

Berdasarkan gambar 1, 2 dan 3 *Flip angle* yang lebih tinggi menghasilkan sinyal dan kontras yang lebih besar pada *point of entry* dari *flowing blood* daripada *flip angle* yang lebih rendah, namun penetrasi kedalaman yang dihasilkan rendah. *Flip Angle* yang besar akan membuat progresif kehilangan sinyal karena saturasi lebih terlihat. Sebaliknya, dengan *flip angle* yang lebih rendah, sinyal pembuluh darah dan kontras jauh lebih sedikit namun memiliki penekanan kedalaman yang lebih baik. Terlihat jelas pada penelitian ini sangat berbeda sekali kontras dan batas tegas antara pembuluh darah dengan organ sekitar antara *flip angle* 15°, 20°, 25° dan 30°. *Flip angle* 30° memiliki kontras dan batas tegas yang paling baik, namun banyak pembuluh darah dengan aliran lambat yang ikut mengalami *suppression* sehingga menjadi *hypointense*, sedangkan pada *flip angle* 15° kontras dan batas tegas yang dihasilkan pada citra 3D TOF MRA *Brain* kurang jelas, namun karena penetrasi kedalamannya baik maka dapat menampilkan pembuluh darah dengan aliran yang lambat terlihat *hyperintens*. Penelitian variasi *flip angle* pada 3D TOF MRA *Brain* ini dilakukan pada MRI 3 Tesla. Pencitraan MRA pada MRI 3 Tesla ini mampu memberikan resolusi spasial tinggi, membuat kontras pembuluh darah meningkat dan penekanan lemak yang lebih baik sehingga dapat memvisualisasikan pembuluh darah intracranial dengan lebih jelas (Born et al., 2003). Menurut Runge (2018) pencitraan menggunakan MRI 3 Tesla memberikan peningkatan kualitas citra yang lebih besar pada 3D TOF MRA. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya sinyal jaringan stasioner dan penetrasi kedalaman yang lebih baik. Apabila dibandingkan dengan MRI 3 Tesla, pencitraan MRA pada MRI 1,5 Tesla masih memiliki resolusi spasial terbatas yang membuat SNR lebih rendah dan secara simultan akan menurunkan kualitas citra, selain itu hasil citra pada segmen perifer dari arteri cerebral utama yang merupakan potensi penyebab infark atau lokasi potensial aneurisma intracranial seringkali tidak terlihat jelas (Born et al., 2003). Menurut Nowinski et al (2013), untuk pemeriksaan pembuluh darah arteri menggunakan MRI 3 Tesla merupakan yang terbaik dibandingkan dengan 1,5 Tesla dan 7 Tesla.

Nilai *Flip Angle* yang mampu menampilkan informasi citra anatomi lebih optimal pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* dengan modalitas MRI 3 Tesla

Pada 3D TOF MRA, ada banyak faktor yang mempengaruhi intensitas sinyal vascular, seperti kecepatan dan arah aliran darah, waktu relaksasi T1 dari aliran darah, dan parameter pencitraan (TR, TE, *flip angle*, dan *slab thickness*). Parameter TR, TE dan *flip angle* merupakan faktor yang sangat penting untuk kontras vascular yang baik. Salah satu kelemahan utama dari 3D TOF MRA adalah hilangnya sinyal karena efek saturasi, khususnya pada pembuluh darah dengan aliran darah yang lambat. Pada 3D TOF MRA *Brain*, kontras antara aliran dan jaringan stasioner bergantung pada TR dan *flip angle*. TR dan *flip angle* akan mempengaruhi *Signal to Noise Ratio*, *Contrast to Noise Ratio* dan juga *scan time*. TR yang biasanya digunakan dalam 3D TOF MRA, yaitu 20-50 ms (Westbrook, 2011) sedangkan *flip Angle* yang biasa digunakan yaitu 10° - 30° (Stuelke, 2019), 15° - 20° (Schneider, 2005), 20° - 30° (Westbrook, 2014), 20° - 35° (Choi et al, 2011) dan 20° - 40° (Weishaupt, 2006).

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan *flip angle* 15°, 20°, 25° dan 30° yang bertujuan untuk melihat *flip angle* mana yang lebih optimal dalam menampilkan informasi citra anatomi. Penelitian ini tidak menggunakan *flip angle* 18° yang merupakan parameter yang biasa digunakan pada Rumah Sakit Pusat Pertamina dikarenakan nantinya *flip angle* tersebut akan diasumsikan menjadi *flip angle* 20° yang memiliki hasil citra yang serupa dengan *flip angle* 18° dimana dalam pengamatan peneliti kontras dan batas-batas antara pembuluh darah dengan organ sekitar yang dihasilkan tampak sama, pada bagian pembuluh darah kecil dengan kecepatan aliran tinggi nampak *hyperintense* dan tidak banyak pembuluh darah dengan kecepatan aliran lambat yang berubah menjadi *hypointense*, selain itu juga persamaan keduanya terlihat jelas pada *anterior cerebral artery*, *posterior cerebral artery* dan *basilar artery* dimana *enhancement* yang dihasilkan cukup baik.

Berdasarkan data penelitian yang dihasilkan, nilai *flip angle* yang optimal dapat dilihat melalui hasil *mean rank* tertinggi pada hasil uji *friedman* pada tabel 4. Pada tabel 4. hasil uji *friedman* keempat variasi, *flip angle* 25° merupakan *flip angle* yang memiliki nilai *mean rank* tertinggi yaitu sebesar 3,22. Pada gambar 1, 2 dan 3 dari citra 3D TOF MRA *Brain volunteer* normal menunjukkan perbedaan peningkatan vascular yang terjadi pada variasi *flip angle* dari 15°, 20°, 25° hingga 30°. Menurut peneliti *flip angle* 25° memiliki saturasi

yang sangat baik dari nucleus stationer sehingga menghasilkan kontras yang tinggi dengan batas-batas tegas antara pembuluh darah dengan organ sekitar, selain itu juga pembuluh darah dengan aliran lambat tidak banyak yang mengalami *suppression* dan *enhancement* tetap optimal, yang artinya tidak banyak informasi citra yang hilang. *Flip angle* 25° mampu menampilkan informasi citra anatomi paling baik dikarenakan mampu memberikan derajat sudut balik yang baik untuk *recovery* sehingga akan menghasilkan *suppression* atau penekanan yang optimal pada jaringan stationer dan sinyal yang dihasilkan juga lebih besar pada pembuluh darah dengan aliran yang cepat.

Berdasarkan tabel 4. hasil uji *friedman* per-anatomi pada tiap variasi menunjukkan anatomi *Internal Carotid Artery*, *Vertebral Artery*, *Basillar Artery*, *Anterior Cerebral Artery*, *Posterior Cerebral Artery* dan *Anterior Communicating Artery* menghasilkan *mean rank* tertinggi pada *flip angle* 25°, sedangkan pada *Middle Cerebral Artery* *mean rank* tertinggi pada *flip angle* 20° dan 25°, dan pada *Posterior Communicating Artery* *mean rank* tertinggi pada *flip angle* 20°. Menurut Ghazali (2003) *Middle Cerebral Artery* memiliki tingkat sensitifitas hingga 100 % pada 3D TOF MRA *Brain*, dan pada penelitian ini kontras dan batas tegas dari *Middle Cerebral Artery* terlihat lebih jelas pada *flip angle* 20° dan 25°, *Middle Cerebral Artery* merupakan cabang dari *Internal Carotid Artery* yang paling besar sehingga efek saturasi pada pembuluh darah ini akan baik pada *flip angle* yang optimal. Sedangkan *Posterior Communicating Artery* memiliki tingkat sensitifitas yang rendah karena efek saturasi pada pembuluh darah dengan aliran lambat. *Flip angle* 20° mampu menampilkan *Posterior Communicating Artery* dengan kontras dan batas tegas yang paling bagus karena penetrasi kedalamannya baik sehingga dapat memperlihatkan pembuluh darah tersebut yang merupakan pembuluh darah aliran lambat menjadi terlihat lebih jelas.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa Perubahan nilai *flip angle* berpengaruh terhadap informasi citra anatomi pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* pada MRI 3 Tesla. Kesimpulan tersebut diperoleh dari hasil uji *friedman* yang menunjukkan *Asymp Sig* 0,000 atau lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat perbedaan penggunaan variasi *flip angle* terhadap informasi citra anatomi. Dengan adanya nilai perbedaan tersebut perubahan nilai *flip angle*

berpengaruh terhadap informasi citra anatomi pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* dengan modalitas MRI 3 Tesla.

Semakin tinggi nilai *flip angle* yang digunakan maka sinyal dan kontras yang dihasilkan semakin besar, dan *suppression* pada jaringan stationer akan semakin optimal, akan tetapi akan membuat pembuluh darah dengan aliran lambat mengalami *suppression* sehingga akan nampak *hypointens*.

Hasil uji *mean rank friedman* menunjukkan nilai *flip angle* yang mampu menampilkan informasi citra anatomi lebih optimal pada sekuen 3D TOF MRA *Brain* dengan modalitas MRI 3 Tesla yaitu *flip angle* 25° dengan nilai *mean rank* 3,22. Nilai *flip angle* 25° mampu menghasilkan informasi citra anatomi dari *Internal Carotid Artery* (ICA), *Vertebral Artery* (VA), *Basillar Artery* (BA), *Anterior Cerebral Artery* (ACA), *Posterior Cerebral Artery* (PCA), *Middle Cerebral Artery* (MCA), *Anterior Communicating Artery*, *Posterior Communicating Artery* menjadi lebih jelas dengan batas-batas tegas antara pembuluh darah dan organ sekitar.

Daftar Pustaka

- Atkinson, D., Brant-Zawadzki, M., Gillan, G., Purdy, D., & Laub, G. 1994. Improved MR angiography: Magnetization transfer suppression with variable flip angle excitation and increased resolution. *Radiology*, 190(3), 890–894. <https://doi.org/10.1148/radiology.190.3.8115646>
- Born, M., Simon, B., Tschampa, H. J., Krautmacher, C., Urbach, H., Textor, J., & Schild, H. H. 2003. Radiology Angiography: Comparison of 3 . 0-T Imaging and 1 . 5-T Imaging — Initial Experience 1. *Radiology*, (229), 913–920.
- Choi, J. W., Roh, H. G., Moon, W.-J., Chun, Y. Il, & Kang, C. H. 2011. Optimization of MR Parameters of 3D TOF-MRA for Various Intracranial Stents at 3.0T MRI. *Neurointervention*, 6(2), 71. <https://doi.org/10.5469/neuroint.2011.6.2.71>
- Dale, B. M., Brown, M. A., & Semelka, R. C. 2015. *MRI Basic Principles and Applications* (Fifth Edit). United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ghazali, R. M., & Shuhaib, I. lutfi. 2003. *Comparison Between 3d ToF Magnetic Resonance Angiography And Intraarterial Digital Subtraction*. 10(1), 37–42.
- Kapsalaki, E. Z., Rountas, C. D., & Fountas, K. N. 2012. The role of 3 Tesla MRA in the detection of intracranial aneurysms. *International Journal of Vascular Medicine*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/792834>
- Morelli, J. N., Gerdes, C. M., Schmitt, P., Ai, T., Saettele, M. R., Runge, V. M., & Attenberger, U. I. 2013. Technical considerations in MR angiography: An image-based guide. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 37(6), 1326–1341. <https://doi.org/10.1002/jmri.24174>

- Runge, V. M., Nitz, W. R., & Heverhagen, J. T. 2018. *The Physics of Clinical MR Taught Through Images* (Fourth Edit). New York: Thieme Medical Publishers, ,nc.
- Schneider, G., Prince, M. R., Meaney, J. F. M., & Ho, V. B. (2005). *Magnetic Resonance Angiography. Technique, Indications and Practical Applications*. New York: Springer Milan Berlin Heidelberg.
- Stuelke S. 2019. A database of MRI and MRA protocols. MRprotocols.com (diakses pada 13 Januari 2020)
- Weishaupt, D., & Marincek, B. 2006. *How Does MRI Work?* Second Edition. Germany: Springer.
- Westbrook, C. 2014. *Handbook of MRI Technique*. Fourth. India: Wiley Blackwell Ltd.
- Westbrook, C., Kaut Roth, C., & Talbot, J. 2011. *MRI in Practice 4th Edition*. USA: Wiley Blackwell Science Ltd